NOZIONI DI ELETTROTECNICA

AD USO DEI CONDUCENTI DI VEICOLI A TRAZIONE ELETTRICA

A cura del SERVIZIO MOVIMENTO STRADALE - RIP.NE TECNICA

APRILE 1981

INDICE DEGLI ARGOMENTI

CAPITOLO PRIMO: Nozioni di elettrostatica

Concetto di elettricità - Elettrizzazione per sfregamento - Elettricità positiva e negativa - Struttura dell'atomo - Interpretazione dei fenomeni elettrostatici -

CAPITOLO SECONDO: Nozioni di elettrodinamica

Unità di misura delle cariche elettriche - Concetto di isolante e conduttore - Corrente elettrica - Differenza di potenziale o tensione - Unità di misura della corrente elettrica - Resistenza dei conduttori - Resistività - Circuito elettrico - I tre fattori del circuito elettrico - Legge di Ohm - Considerazioni sui circuiti elettrici - Riscaldamento di un conduttore (effetto Joule) - Legge di Joule - Sfruttamento dell'effetto Joule -

CAPITOLO TERZO: Magnetismo ed elettromagnetismo

Magnetismo - Attrazione e repulsione tra magneti - Magnetizzazione per induzione- Materiali paramagnetici e diamagnetici - Effetto magnetico della corrente - Azioni meccaniche fra correnti - Solenoidi, elettrocalamite, elettromagneti -

CAPITOLO QUARTO: Il motore a corrente continua

Principi generali - Funzionamento -

Capitolo Primo : NOZIONI DI ELETROSTASTICA

CONCETTO DI ELETTRICITA'

Che cos'è l'elettricità? Senza dubbio una delle definizioni più semplici è:

"L'elettricità è una forma di energia"

Per facilitarne la comprensione, metteremo in evidenza le analogie con fenomeni più noti e comprensibili: ad esempio la corrente elettrica può essere paragonata all' acqua che scorre in un tubo.

Occorrerà tuttavia tenere ben presente che l' analogia è puramente formale.

ELETTRIZZAZIONE PER SFREGAMENTO

I corpi, in opportune condizioni, acquistano la proprietà di attirare altri corpi.

Così, se si strofina con un panno di lana una bacchetta di vetro o di ebanite, si osserva che essa attira dei pezzettini di carta oppure una pallina di sambuco sospesa ad un filo di seta.

Lo stato acquistato dai corpi quando essi manifestano la proprietà di attirare altri corpi si dice "stato elettrico" e la proprietà stessa si chiama "elettricità".

ELETTRICITA' POSITIVA e NEGATIVA

Per osservare meglio questi fenomeni ci si vale del pendolino elettrico (vedi fig. 1) costituito da una pallina di midollo di sambuco sospesa ad un filo di seta.

Si osserverà che avvicinando alla pallina una bacchetta di vetro liscio che sia stata elettrizzata per strofinio, dapprima la pallina viene attirata ma, non appena ha toccato il vetro, viene subito respinta.

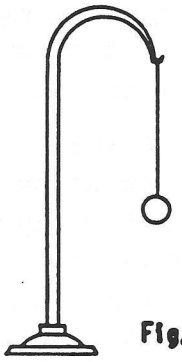


Fig. 1

Se a questo punto avviciniamo ad essa una bacchetta di ebanite pure essa elettrizzata, la pallina (che prima era respinta dal vetro) ne viene attirata.

Non appena però viene a contatto con l'ebanite è nuovamente respinta per essere attratta dal vetro, e così via.

Si deduce che i corpi elettrizzati possono essere divisi in due categorie: quelli che si comportano come il vetro liscio strofinato con la lana e quelli che si comportano come l'ebanite pure strofinata con la lana.

Si definisce:

- elettricità positiva - lo stato elettrico del vetro strofinato (si indica con il segno +);

- elettricità negativa - lo stato elettrico dell'ebanite strofinata (si indica con il segno -).

Utilizzando due pendolini elettrici noteremo ancora un fenomeno importantissimo:

due corpi elettrizzati con lo stesso segno si respingono (fig. 2);

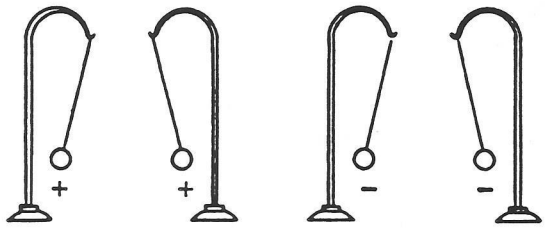


Fig. 2

due corpi elettrizzati con segni diversi si attraggono (fig. 3).

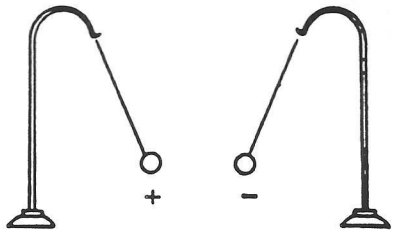


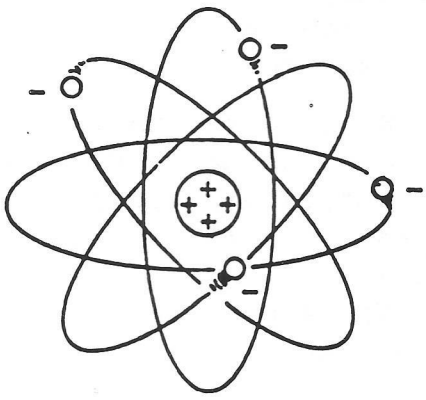
Fig. 3

STRUTTURA DELL'ATOMO

E' ormai noto che tutti i corpi costituenti qualsia si tipo di materiale non sono altro che un aggruppamento in molecole di atomi uguali ed anche diversi tra di loro.

Ogni atomo è costituito da un nucleo con carica positiva attorno al quale gravitano degli elettroni con carica negativa che eguaglia la carica del nucleo (fig.4).

Il numero degli elettroni varia da atomo ad atomo; l'atomo dell'Idrogeno ha un solo elettrone, quello del rame ne ha 29, quello dell'argento 47, e così via.



La massa degli elettroni contenuti nell'atomo è assai piccola rispetto a quella dell'atomo stesso; quasi tutta la massa dell'atomo è infatti concentrata nel nucleo.

Gli elettroni si muovono quindi velocemente intorno al nucleo trattenuti dalle forze che li attirano ad esso.

Il sistema atomico è quindi analogo al sistema solare in cui il Sole è il nucleo, mentre i pianeti costituiscono gli elettroni.

In un corpo non elettrizzato, l'elettricità positiva del nucleo di ogni atomo equivale a quella negativa degli elettroni che lo circondano; le loro azioni esterne quindi si annullano e l'atomo risulta neutro.

Se dagli atomi che costituiscono un corpo allontaniamo alcuni elettroni, in esso si manifesta l'azione dell'elettricità positiva eccedente del nucleo.

Se invece aggiungiamo uno o più elettroni ad un atomo neutro, lo porteremo ad una eccedenza di elettricità negativa.

INTERPRETAZIONE DEI FENOMENI ELETTROSTATICI

Elettrizzare un corpo "positivamente" vuol dire quindi sottrargli elettroni; elettrizzarlo "negativamente" significa invece aggiungervi elettroni.

Quando abbiamo strofinato la bacchetta di ebanite con il panno di lana, un certo numero di elettroni sono passati dalla lana all'ebanite; la lana si è quindi caricata positivamente, l'ebanite negativamente.

L'inverso è accaduto nel caso del vetro.

Il passaggio degli elettroni da un corpo all'altro avviene perchè i diversi corpi trattengono gli elettroni con forza diversa: così la lana li trattiene con minor forza dell'ebanite, ma con maggior forza del vetro.

UNITA' DI MISURA DELLE CARICHE ELETTRICHE

L'unità di misura della quantità di elettricità che possiede un corpo elettrizzato è il "Coulomb", così come, ad esempio, il Litro è l'unità di misura della quantità d'acqua emessa da una fontana.

CONCETTO DI ISOLANTE E CONDUTTORE

Se tocchiamo con un dito una pallina di sambuco elettrizzata osserviamo che questa perde la sua capacità di attrazione.

Ciò accade perchè le cariche elettriche possedute dalla pallina si sono travasate al suolo attraverso il nostro corpo.

Possiamo pertanto dire che il nostro corpo lascia passare le cariche elettriche, mentre il filo di seta cui la pallina di sambuco del pendolino è sospesa, non ne permette il passaggio.

Si deduce quindi che quando si vuole "scaricare" un corpo elettrizzato, è sufficiente collegarlo a terra.

Ai corpi che permettono il passaggio di elettricità attraverso di essi si dà il nome di "conduttori"; ai corpi che invece offrono ostacolo al passaggio dell'elettricità si dà il nome di "isolanti".

CORRENTE ELETTRICA

Abbiamo visto che la pallina di sughero elettrizzata, se collegata a terra, perde la sua capacità di attrarre.

Ciò in quanto il nostro corpo, buon conduttore, non offre resistenza sensibile al passaggio delle cariche elettriche; tale passaggio costituisce una vera e propria corrente elettrica che dura finchè non si è esaurita la carica della pallina.

Quindi la corrente elettrica è determinata da un movimento di cariche elettriche; per analogia si può pensare all'acqua che scorre in un tubo quando viene aperto il rubinetto.

I nostri sensi non percepiscono l'esistenza di tale corrente se non attraverso il manifestarsi dei fenomeni che ne derivano.

Possiamo infatti riscontrare la presenza della corrente attraverso gli effetti termici prodotti dal suo passaggio dentro la resistenza di una stufa elettrica, dalla luce prodotta dal suo passaggio nel filamento di una lampadina, dall'attrazione di un nucleo di ferro sul quale venga avvolta una bo

bina percorsa da corrente ed infine dal contatto diretto del nostro corpo con il conduttore percorso da corrente che ci procura la ben nota "scossa elettrica".

DIFFERENZA DI POTENZIALE O TENSIONE

La "differenza di potenziale" o "tensione" è il dislivello elettrico (o differenza di pressione elettrica) esistente tra due punti di un conduttore.

Nell'analogia idraulica questi due punti possono essere rappresentati da due vasche a diverso livello collegate fra di loro mediante un tubo; naturalmente nel tubo si verificherà una corrente d'acqua tendente a stabilire un eguale livello fra le due vasche (principio dei vasi comunicanti)(fig. 5).

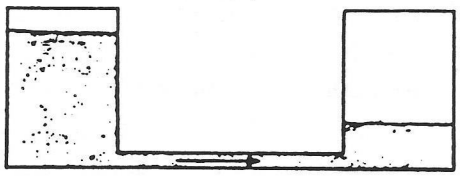


Fig. 5

Perchè l'acqua circoli nella tubazione occorre quindi che tra i suoi estremi esista una differenza di livello o di pressione.

La corrente elettrica scorre in un conduttore in base agli stessi principi per i quali l'acqua scorre in un tubo.

E' cioè una pressione elettrica ovvero una differenza di livello elettrico che fa scorrere la corrente, vale a dire una differenza di potenziale.

L'unità di misura della differenza di potenziale o tensione è il "VOLT".

UNITA' DI MISURA DELLA CORRENTE ELETTRICA

Si definisce "intensità di corrente" la quantità di elettricità che passa nell'unità di tempo (un secondo) attraverso un conduttore elettrico.

Essa è paragonabile alla quantità d'acqua in litri al secondo che passa in un tubo.

Poichè, come si è detto, la corrente consiste nel passaggio di una certa quantità di elettricità, per conoscerne la grandezza basterà misurare quale quantità di elettricità passa nella sezione di un conduttore (ad esempio un filo di rame) in un secondo.

Definiremo quindi "intensità di corrente" in un conduttore il numero di Coulomb che ne attraversano la sezione in un secondo.

La misura "Coulomb al Secondo" prende il nome di "Ampère", quindi l'unità di misura della corrente elettrica è l'AMPÈRE.

RESISTENZA DEI CONDUTTORI

A prima vista può sembrare inverosimile che la corrente elettrica possa scorrere in un conduttore poichè, sia esso di rame, alluminio o altro metallo, si presenta al nostro occhio come una massa compatta, apparentemente impenetrabile.

Meno inverosimile ci apparirà questo fatto se si pensa che i metalli, come tutta la materia, sono costituiti da atomi e che fra l'uno e l'altro di questi atomi esistono degli spazi relativamente ampi e tali da poter agevolmente lasciar passare un fluido di nessuna consistenza fisica quale quello elettrico.

Se si prende un giunco, la cui parte interna presenta delle porosità rilevanti, e lo si applica ad un foro ricavato in un recipiente colmo di acqua, potremo notare che la acqua fluirà attraverso il giunco e la sua quantità risulterà proporzionale alla dimensione dei pori esistenti allo interno del giunco stesso.

Analogamente la corrente elettrica troverà più o meno agevole passaggio attraverso corpi di differente struttura atomica, ovvero incontrerà una maggiore o minore resistenza al suo passaggio.

Il metallo che offre la minor resistenza al passaggio della corrente è l'argento, ma per ovvie ragioni economiche il suo uso viene limitato a casi particolari.

Segue il rame che, per il suo costo modesto, viene ormai largamente utilizzato nelle costruzioni elettriche.

L'esperienza dimostra però che la resistenza di un conduttore dipende, oltre che dalla sua natura (tipo di materiale), anche dalla sua lunghezza e sezione.

In particolare, la resistenza di un conduttore è direttamente proporzionale alla lunghezza del conduttore stesso (aumenta o diminuisce rispettivamente con l'aumentare ed il diminuire di tale lunghezza) ed è inversamente proporzionale alla sezione (aumenta con il diminuire della sezione e diminuisce con l'aumentare della sezione stessa).

Tutte queste affermazioni possono essere rappresentate dalla seguente formula:

$$R = K \cdot \frac{l}{s}$$

in cui: R = Resistenza elettrica

K = Resistività specifica (in mm^2/m)

l = Lunghezza del conduttore (in metri)

s = Sezione del conduttore (in mm^2)

RESISTIVITA'

La Resistività specifica è la resistenza che offre un metro di conduttore avente la sezione di un mm^2.

L'unità di misura della Resistenza elettrica è "l' OHM" (il simbolo dell'Ohm, nelle formule è costituito dalla lettera greca "Ω" omega).

La seguente tabella fornisce i valori della resistività specifica "K" di alcuni tipi di materiale:

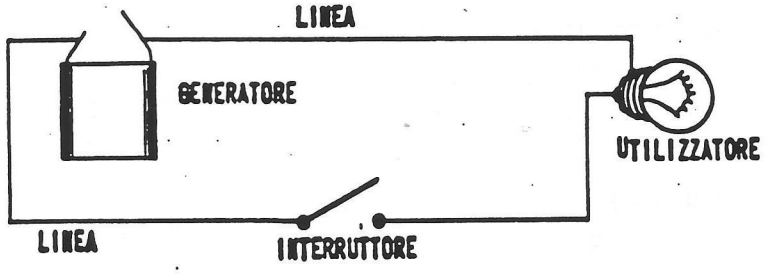
Materiale del conduttore	Resistività (in $\Omega \cdot mm^2/m$)
Argento	0,016
Rame	0,017
Alluminio	0,030
Nichel	0,120
Ferro	0,130
Costantana (Cu+Ni)	0,480
Argentana (Cu+Ni+Zn)	0,370

CIRCUITO ELETTRICO

Un circuito elettrico nella sua forma più semplice(vedi fig. 6) è costituito da:

a) Un generatore
b) Un utilizzatore
c) Una linea di collegamento
d) Un interruttore (che apre o chiude il circuito secondo le necessità dell'operatore)

Fig. 6



Il generatore può essere una pila, un accumulatore o, nel caso del circuito di alimentazione della linea tranviaria, filoviaria e metropolitana, il generatore della centrale elettrica che produce l'energia destinata ad alimentare

le sottostazioni di conversione, le cui sbarre positive e negative rappresentano praticamente i poli del generatore.

Nel circuito di fig. 6 l'utilizzatore è costituito dalla lampadina; nel caso dei veicoli a trazione elettrica l'utilizzatore è il motore di trazione, che assorbe energia elettrica per trasformarla in energia meccanica, cioè nel moto del veicolo.

Per i tram e i treni la linea di collegamento è costituita dal filo aereo di contatto e dalle rotaie, per i filobus dalla linea aerea bifilare e per la metropolitana dalla terza e quarta rotaia.

Se in un circuito il generatore non è funzionante e lo interruttore è "chiuso" non esiste tensione ai capi del circuito e quindi non circola corrente.

Se il generatore è funzionante ma l'interruttore è "aperto", vi è tensione ai capi dell'interruttore, ma nel circuito non circola comunque corrente.

Perchè circoli corrente nel circuito il generatore deve essere funzionante e l'interruttore deve essere chiuso.

I TRE FATTORI DI UN CIRCUITO ELETTRICO

Mantenendo costante la sezione dei tubi in un circuito idraulico, la quantità d'acqua che scorre in essi aumenta con l'aumentare della differenza di pressione agli estremi, è quindi direttamente proporzionale alla differenza di livello idraulico, ovvero alla pressione.

Naturalmente, cambiando i tubi con altri di sezione minore (maggiore resistenza), la portata diminuisce.

Adottando i seguenti simboli:

Portata = I

Resistenza = R

Pressione = V

potremo quindi scrivere:

$$\text{Portata} = \frac{\text{Pressione}}{\text{Resistenza}}$$

ovvero:

$$I = \frac{V}{R}$$

Questa espressione ci dice che il valore della portata (I) si ricava dal rapporto tra il valore della pressione (V) e quello della resistenza (R).

Abbiamo visto in precedenza che i tre fattori importanti di un circuito elettrico sono: corrente, resistenza e tensione; essi corrispondono rispettivamente alla portata, alla resistenza ed alla pressione di un circuito idraulico.

Scriveremo quindi, in analogia con l'esempio sopra riportato:

$$\text{Corrente} = \frac{\text{Tensione}}{\text{Resistenza}}$$

E' questa, in breve, l'espressione della Legge di Ohm, enunciata da G. S. Ohm nel 1827, e cioè: LEGGE DI OHM

> "La corrente in un circuito elettrico è uguale alla tensione diviso la resistenza".

Usando i seguenti simboli:

Corrente	=	I	(in Ampère)
Tensione	=	V	(in Volt)
Resistenza	=	R	(in Ohm)

potremo quindi scrivere:

$$I = \frac{V}{R}$$

Questa formula permette di trovare l'intensità di corrente che percorre un conduttore di resistenza R nota quando ai suoi estremi viene applicata una tensione V (o differenza di potenziale) nota pure essa.

Essendo però tre i fattori della formula, essa può essere scritta in tre modi diversi:

$$I = \frac{V}{R} \qquad V = I \cdot R \qquad R = \frac{V}{I}$$

Conoscendo quindi queste tre versioni della Legge di Ohm, non ci sarà difficile calcolare una delle tre grandezze, note le altre due.

Per facilitare l'applicazione della Legge di Ohm, ci si può servire del sistema schematizzato in fig. 7.

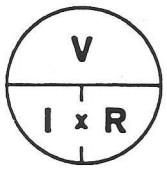


Fig. 7

Coprendo con un dito la grandezza incognita, si possono leggere le altre due nella giusta posizione; ad esempio volendo calcolare V, rimarrà $I \cdot R$, volendo calcolare R, rimarrà $\frac{V}{I}$, eccetera.

CONSIDERAZIONI SUI CIRCUITI ELETTRICI

Abbiamo visto finora come in un circuito elettrico un fattore fondamentale per il suo funzionamento sia la presenza in esso di un generatore funzionante: non vi è infatti passaggio di corrente se ai capi del circuito non viene applicata una differenza di potenziale o tensione.

Quando il generatore si ferma, la tensione si annulla e la corrente nel circuito cessa di circolare.

La resistenza è una proprietà "fisica" del circuito e dipende da vari fattori (resistività del materiale impiegato nella costruzione dei vari componenti, lunghezza della linea di collegamento e sua sezione, ed altro ancora).

La corrente infine, messa in circolazione grazie alla tensione del generatore, è la grandezza "di movimento" del circuito elettrico; essa passa dal generatore all'utilizzatore, ne provoca il funzionamento per poi ritornare integralmente al generatore attraverso la linea di collegamento.

RISCALDAMENTO DI UN CONDUTTORE (EFFETTO JOULE)

L'attrito generato dal passaggio della corrente in un conduttore si trasforma in calore.

Ciò accade per qualsiasi tipo di attrito: ad esempio, se noi ci sfreghiamo le mani l'una contro l'altra, esse si scaldano; abbiamo speso dunque energia meccanica, rappresentata dallo sforzo compiuto, per trarne calore.

In un circuito elettrico, l'energia che si trasforma in calore ad ogni secondo (potenza elettrica dissipata) è fornita dalla seguente espressione:

$$P = V \cdot I \qquad \text{(in Watt)}$$

dove V è la tensione (in Volt) e I è l'intensità di corrente (in Ampère).

Poichè dalla legge di Ohm noi sappiamo che la tensione è data dal valore dell'intensità di corrente moltiplicato per il valore della resistenza, cioè $V = I \cdot R$, possiamo sostituire il valore di V nella formula precedente con $I \cdot R$ ed allora avremo:

$$P = I \cdot I \cdot R$$

Moltiplicare un valore per se stesso (I · I) equivale a elevare il medesimo "al quadrato" (I^2); quindi l'espressione precedente assumerà la seguente forma:

Joule

$$P = I^2 \cdot R$$

che è l'espressione della legge di JOULE: "La potenza elettrica che si trasforma in calore nei conduttori è direttamente proporzionale alla loro resistenza ed al quadrato dell'intensità di corrente che circola in essi.

LEGGE DI JOULE

La perdita di potenza dovuta al riscaldamento del conduttore (effetto Joule) accompagna sempre il passaggio della corrente nei circuiti, così come la perdita per attrito accompagna sempre il moto dei corpi.

Questo calore ottenuto per "effetto Joule" viene tuttavia sfruttato in tutti quei casi in cui si vuole ottenere calore o luce mediante la corrente elettrica:

SFRUTTAMENTO DELL'EFFETTO JOULE

a) Lampade ad incandescenza

Sono formate da un filamento sottilissimo di tungsteno posto in un'ampolla di vetro in cui si crea il vuoto.

Sottoposto a tensione, per effetto Joule, il filamento si riscalda e, raggiungendo i 2000° C senza fondere, fornisce una luce bianca.

b) Valvole fusibili

Sono costituite da fili metallici "tarati" per consentire il passaggio di un dato valore di corrente.

Posti a monte di una certa apparecchiatura elettrica che si intende proteggere, essi fondono per effetto Joule in caso di superamento del valore di taratura, aprendo quindi il circuito e impedendo che un valore troppo elevato di corrente possa danneggiare l'apparecchiatura.

Capitolo Terzo : MAGNETISMO ED ELETTROMAGNETISMO

MAGNETISMO

Viene definita "magnetismo" la proprietà che alcuni materiali hanno di attrarre corpi di ferro, nichel, cobalto e loro leghe (materiali ferromagnetici); in natura esiste la "magnetite", minerale di ferro che possiede naturalmente la suddetta proprietà.

Per magnetizzare artificialmente un materiale, lo si sottopone ad un trattamento particolare ed i corpi così trattati vengono usualmente chiamati "calamite".

Se cospargiamo un cartoncino con della limatura di ferro e sotto di esso poniamo una calamita, potremo osservare che la limatura si dispone secondo linee ben definite le quali uniscono le due estremità della calamita.

Il fenomeno si manifesta in tutto lo spazio circostante influenzato dalla calamita; questo spazio viene definito "campo magnetico" e noi lo possiamo immaginare composto dalle linee congiungenti le due estremità della calamita; esse vengono chiamate "linee di forza" ed il loro andamento coincide con quello della limatura di ferro.

E' stato stabilito che le linee di forza escono da una estremità della calamita che prende il nome di "polo Nord", passano esternamente e rientrano nella calamita dalla estremità opposta chiamata "polo Sud" (fig. 8).

Le linee di forza, che all'esterno vanno dal Nord verso il Sud, si completeranno passando dal Sud al Nord all'interno della calamita stessa.

Questo percorso chiuso su sè stesso costituisce il"circuito magnetico".

Il potere di attrazione di una calamita è massimo ai due poli e diminuisce gradualmente allorchè ci si allontana da essi per diventare quasi nullo nella regione mediana della calamita, ossia nel punto equidistante dai due poli.

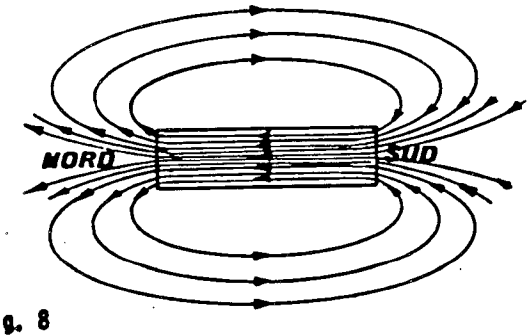


Fig. 8

ATTRAZIONE E REPULSIONE TRA MAGNETI

Avvicinando il polo Nord di un magnete rettilineo al polo Sud di un altro magnete, si osserva un'attrazione tra i due magneti.

Se avviciniamo invece tra di loro due poli Nord o due poli Sud, osserveremo che i due magneti si respingono(fig. 9).

Fig. 9

Si deduce che:

Poli dello stesso nome si respingono, poli di nome diverso si attraggono.

L'attrazione tra due magneti è tanto più intensa quanto minore è la distanza che li separa e quanto più forti sono le cariche magnetiche.

MAGNETIZZAZIONE PER INDUZIONE

Avvicinando il polo Nord di un magnete rettilineo ad una sbarra di ferro o altra sostanza ferromagnetica, essa si magnetizza in modo da affacciare il suo polo Sud al polo Nord del magnete: questo fenomeno viene chiamato "magnetizzazione per induzione".(fig. 10).

In seguito all'allontanamento del magnete induttore, la magnetizzazione permane nel corpo indotto più o meno a lungo a seconda del tipo di materiale di cui esso è costituito; il ferro dolce (con piccola percentuale di Carbonio) ad esempio, perde ogni traccia di magnetismo quando viene allontanato dal magnete inducente.

Fig. 10

MATERIALI PARAMAGNETICI E DIAMAGNETICI

I corpi si dividono in "paramagnetici" (buoni conduttori di magnetismo) e "diamagnetici" (cattivi conduttori di magnetismo).

I materiali buoni conduttori di magnetismo sono unicamente quelli ferromagnetici; anche l'aria, seppur in misura ridotta, è conduttrice di magnetismo.

Tutti gli altri materiali sono diamagnetici.

EFFETTO MAGNETICO DELLA CORRENTE

Oltre che dalle calamite, il magnetismo viene prodotto dal passaggio della corrente attraverso i conduttori.

Se facciamo passare attraverso un cartoncino cosparso di limatura di ferro un filo conduttore percorso da corrente, noteremo che la limatura di ferro si dispone secondo cerchi concentrici attorno al conduttore (fig. 11).

Ciò è dovuto all'azione magnetica esercitata dalle linee di forza prodotte dal passaggio della corrente attraverso il filo conduttore; queste linee di forza investono il conduttore per tutta la sua lunghezza.

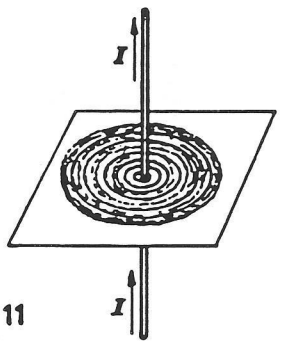


Fig. 11

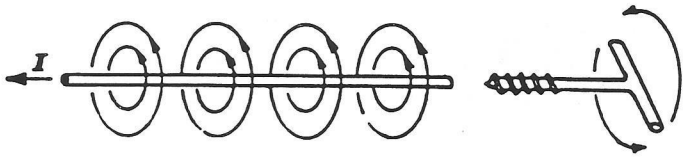


Fig. 12

Per stabilire il senso di queste linee di forza ci si serve della "regola di Maxwell" (o del cavatappi):

"Il senso delle linee di forza del campo generato dalla corrente che percorre un conduttore rettilineo, è quello secondo cui deve essere fatto ruotare un cavatappi per farlo avanzare o retrocedere nel senso della corrente." (fig. 12)

AZIONI MECCANICHE FRA CORRENTI

Tenendo presenti le suddette proprietà, ne consegue che se avviciniamo tra loro due conduttori percorsi da corrente della stessa direzione, questi si respingono; i campi magnetici che li circondano sono infatti formati da linee di forza di egual direzione e perciò con polarità dellc stesso nome. (fig. 13.a)

Al contrario, i due conduttori si attraggono se la corrente che li attraversa ha direzione opposta. (fig. 13.b)

Il campo magnetico che si forma attorno ad un conduttore è direttamente proporzionale all'intensità di corrente che passa attraverso il conduttore stesso; quindi, maggior numero di Ampère passano nel filo, tanto più intenso sarà il campo prodotto attorno ad esso.

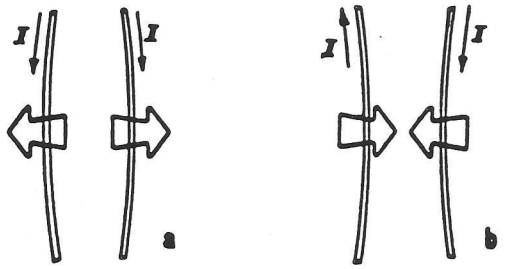


Fig. 13

SOLENOIDI ELETTROCALAMITE ELETTROMAGNETI

Un conduttore avvolto a spirale prende il nome di "solenoide" e si comporta, al passaggio della corrente in esso, come una calamita (fig. 14).

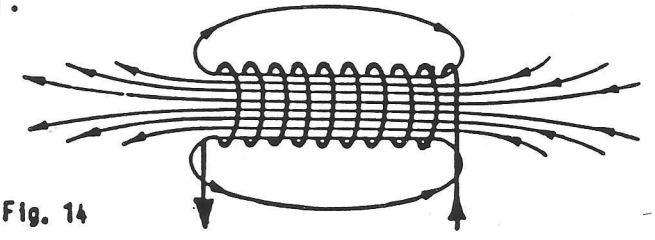


Fig. 14

Il campo creato da ogni singola spira viene infatti rafforzato dal complesso delle altre spire dando origine ad un campo più intenso che investirà il solenoide su tutta la sua lunghezza; questo campo ha le due polarità agli estremi del solenoide

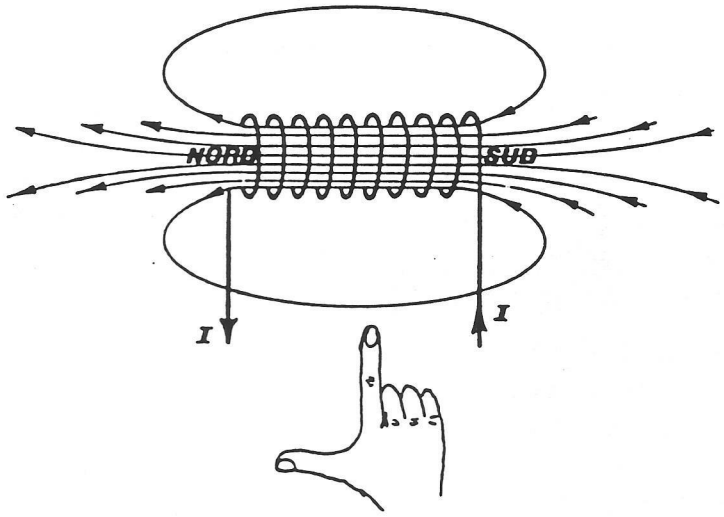


Fig. 15

Per trovare la posizione delle due polarità (che dipendono dal verso della corrente nel solenoide), si può usare la regola "della mano destra" (fig. 15).

Immaginando che la nostra mano destra rappresenti il solenoide le cui spire corrispondono alle dita chiuse, se la corrente ha direzione tale da entrare dal polso per uscire dell'estremità delle dita, il dito pollice indica il polo Nord del solenoide.

Il valore del campo magnetico di un solenoide è proporzionale alla corrente che passa in esso ed al numero di spire di cui è costituito.

Introducendo nel solenoide una barretta di ferro, ne aumeteremo il campo magnetico in quanto l'aria (poco conducibile al magnetismo) viene sostituita dal ferro (che è il miglior conduttore magnetico).

Questa barretta, che prende il nome di "nucleo", sarà attraversata dalle linee di forza prodotte dal solenoide, trasformandosi così in una vera e propria calamita.

Il complesso così ottenuto viene chiamato "elettrocalamita" o, meglio, "elettromagnete"; le proprietà magnetiche di tale complesso durano fintanto che sussiste il passaggio di corrente nella spirale. Se il nucleo, anzichè di ferro fosse di acciaio o ghisa, esso manterrebbe le sue proprietà magnetiche anche dopo l'interruzione di corrente nella bobina.

PRINCIPI GENERALI

Dicesi motore a corrente continua una macchina che trasforma energia elettrica (corrente continua) in energia meccanica.

Questa provoca la rotazione di un albero (motore) che, collegato tramite gli "organi di trasmissione" alle ruote motrici del veicolo, ne provoca il movimento.

Il motore a corrente continua è costituito dalle seguenti parti principali:

a) Una parte fissa - lo "statore" o "induttore" - in ferro dolce provvisto di due (o quattro) prominenze dette "poli' attorno alle quali è avvolto un conduttore in rame chiamato "avvolgimento di eccitazione" o "di statore",ovvero più semplicemente "campo" (fig. 16).

b) Una parte mobile - il "rotore" o "indotto" - pure in ferro dolce a forma cilindrica, composto da tanti dischi in lamierino, sul quale sono avvolti, in apposite scanalature lungo le generatrici, fili conduttori isolati tra di loro; l'indotto è sistemato sull'albero motore e ruota con esso(fig. 17).

I poli (statore) ed il rotore sono separati da un piccolo spazio d'aria denominato "traferro", indispensabile per consentire la rotazione del rotore stesso(fig. 16).

Il rotore può considerarsi costituito da un insieme di spire; ogni spira è formata da un conduttore che avvolge il rotore su due generatrici diametralmente opposte e i cui estremi liberi si collegano a due lamelle del collettore (punto c) pure diametralmente opposte.

c) Un"collettore", formato da lamelle di rame isolate l'una dall'altra, solidale con il rotore (fig. 17).

Sul collettore appoggiano le "spazzole", blocchetti di carbone "grafitico" o "ramato"; esse garantiscono un buon contatto sul collettore e si consumano prima di questo essendo in materiale più tenero.

Ogni spazzola viene portata da un apposito braccio "portaspazzole" fornito di molle regolabili atte a mantenere premute le spazzole sul collettore.

Le spazzole sono collegate elettricamente ai morsetti di alimentazione con treccie di rame.

La sezione delle spazzole dovrà essere naturalmente proporzionata alla corrente che circola in esse.

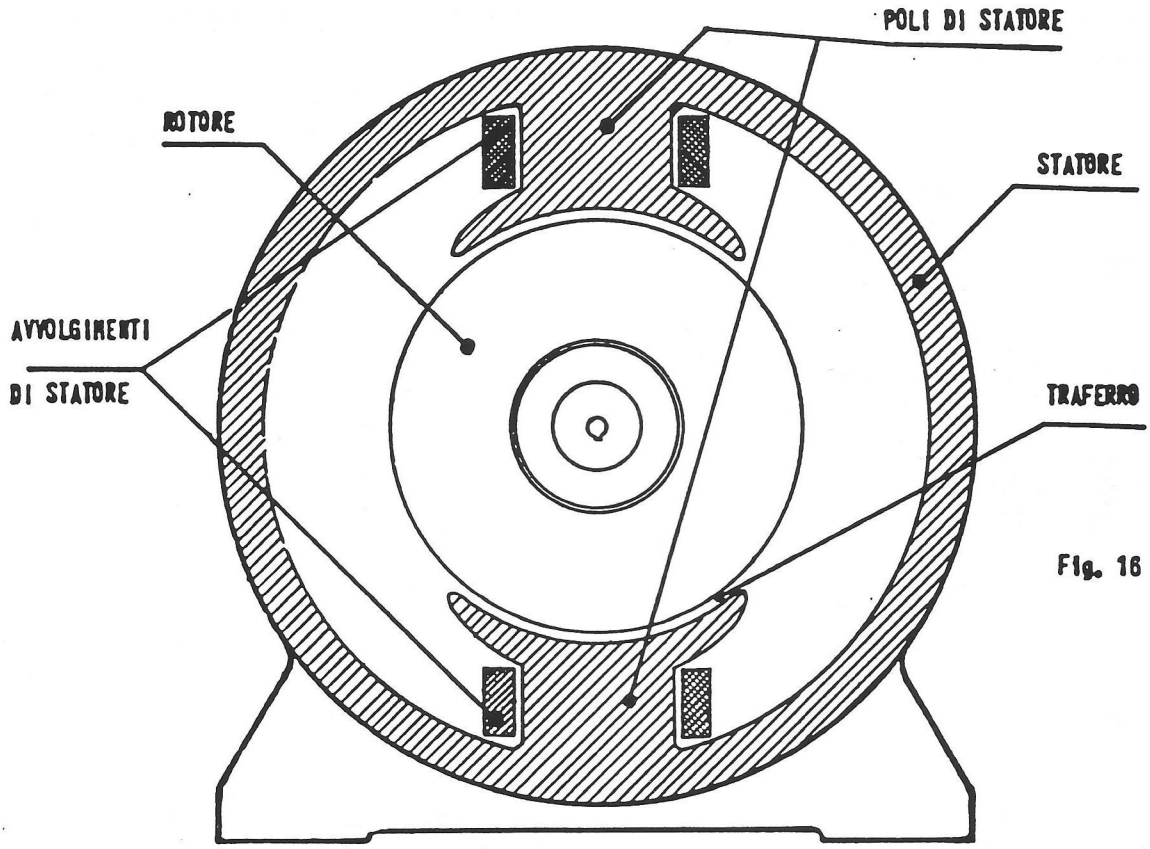

POLI DI STATORE
ROTORE
STATORE
AVVOLGIMENTI
DI STATORE
TRAFERRO

Fig. 16

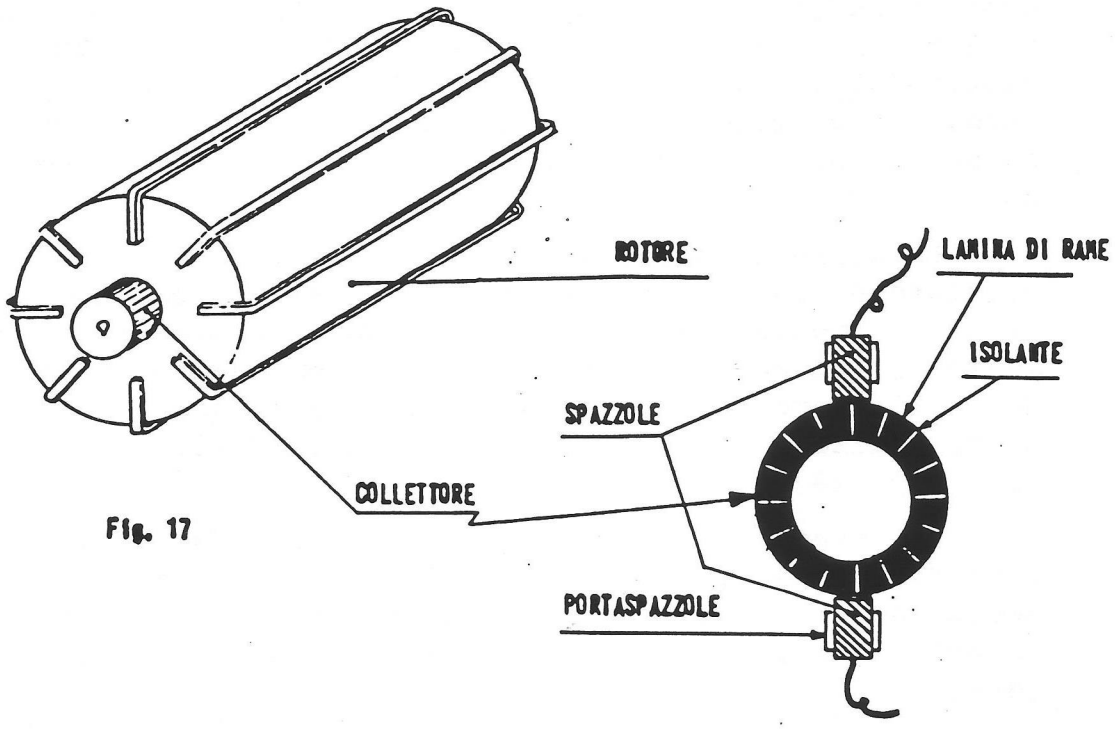

ROTORE
LAMINA DI RAME
ISOLANTE
SPAZZOLE
COLLETTORE
PORTASPAZZOLE

Fig. 17

FUNZIONAMENTO

Per meglio comprendere il funzionamento del motore, ricorriamo ad un esempio (fig. 18):

CALAMITA FISSA

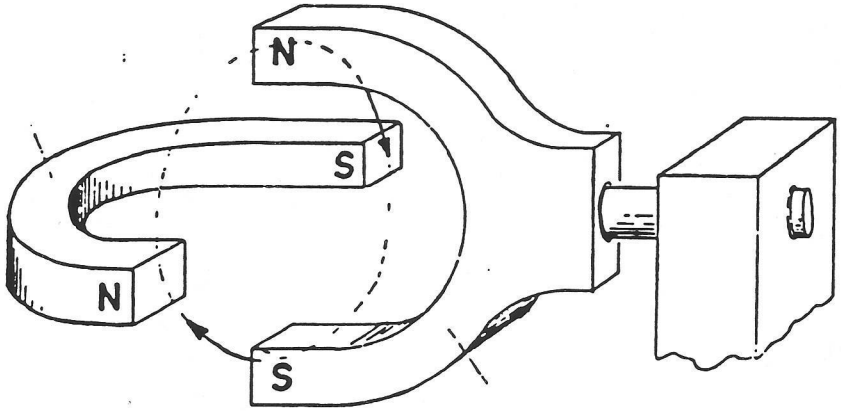


Fig. 18

CALAMITA MOBILE

Due calamite naturali, una fissa e l'altra libera di ruotare sul proprio asse, sono messe di fronte ed in quadratura.

E' evidente che il polo Nord della calamita mobile è attratto dal polo Sud di quella fissa, così come succede per gli altri due poli: si origina quindi la rotazione della calamita mobile.

Nei motori di trazione avviene qualcosa di analogo; in essi le calamite non sono naturali ma artificiali, prodotte cioè mediante circolazione di corrente (come avviene nelle elettrocalamite) negli avvolgimenti dello statore e del rotore. L'avvolgimento di eccitazione (statore) quando è percorso da corrente costituisce per così dire la calamita fissa.

La corrente assorbita passa dapprima nell'avvolgimento di statore, poi in una delle due spazzole e da questa, attraverso una delle lamelle del collettore, entra nell'avvolgimento di rotore, percorrendolo; esce quindi dalla lamella del collettore opposta alla precedente la quale, tramite la altra spazzola, permette di chiudere il circuito con la linea (fig. 19).

La corrente, interessando il rotore, fa di questo, per così dire, una elettrocalamita (la calamita mobile dell'esempio di fig. 18); esso si pone perciò in rotazione a causa dell'attrazione che su di esso esercitano i poli di statore.

Mentro nell'esempio delle calamite di fig. 18 la calamita mobile dopo un quarto di giro si arresta in quanto nel movimento essa porta con sè le sue polarità, nel motore elettrico ciò non avviene.

Nel motore elettrico le polarità assunte dal rotore restano sempre nella stessa posizione rispetto a quelle fisse dello statore; infatti, le spazzole,che portano corrente alle spire producenti le polarità del rotore, sono ferme e sotto di esse passano via via tutte le spire dell'avvolgimento di rotore: l'azione di attrazione tra polarità di statore e di rotore si esercita quindi continuamente.

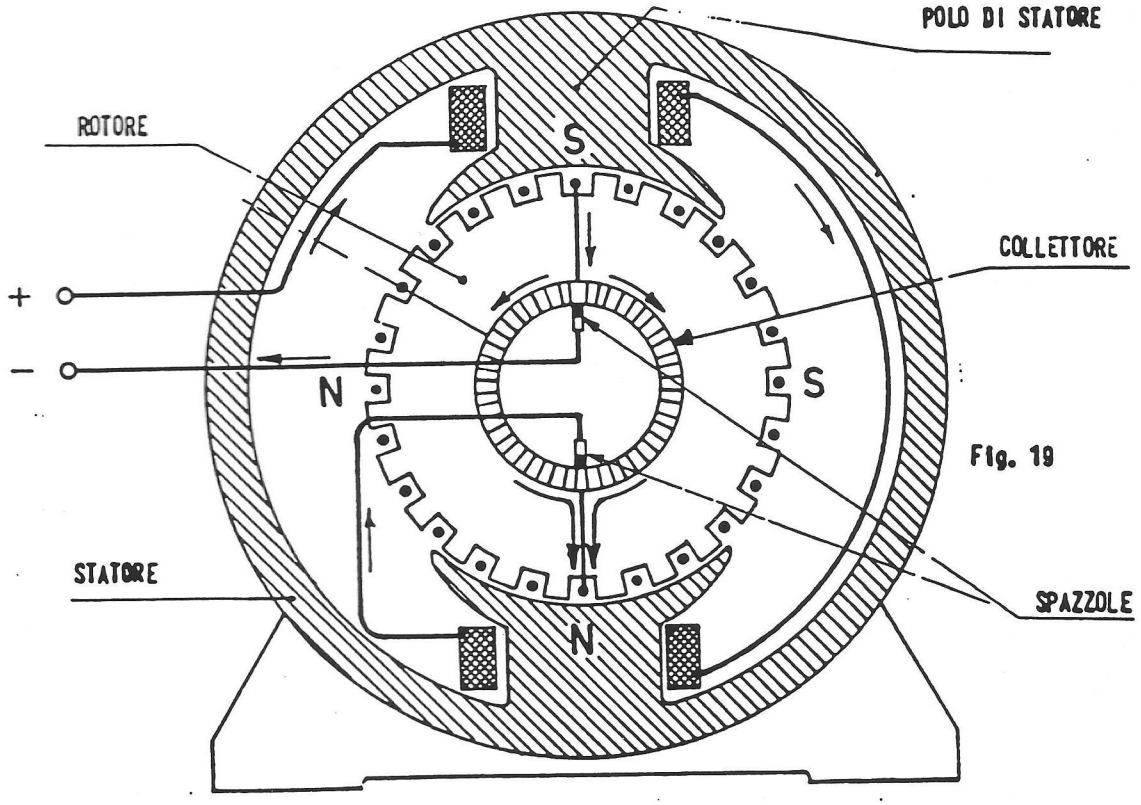


Fig. 19